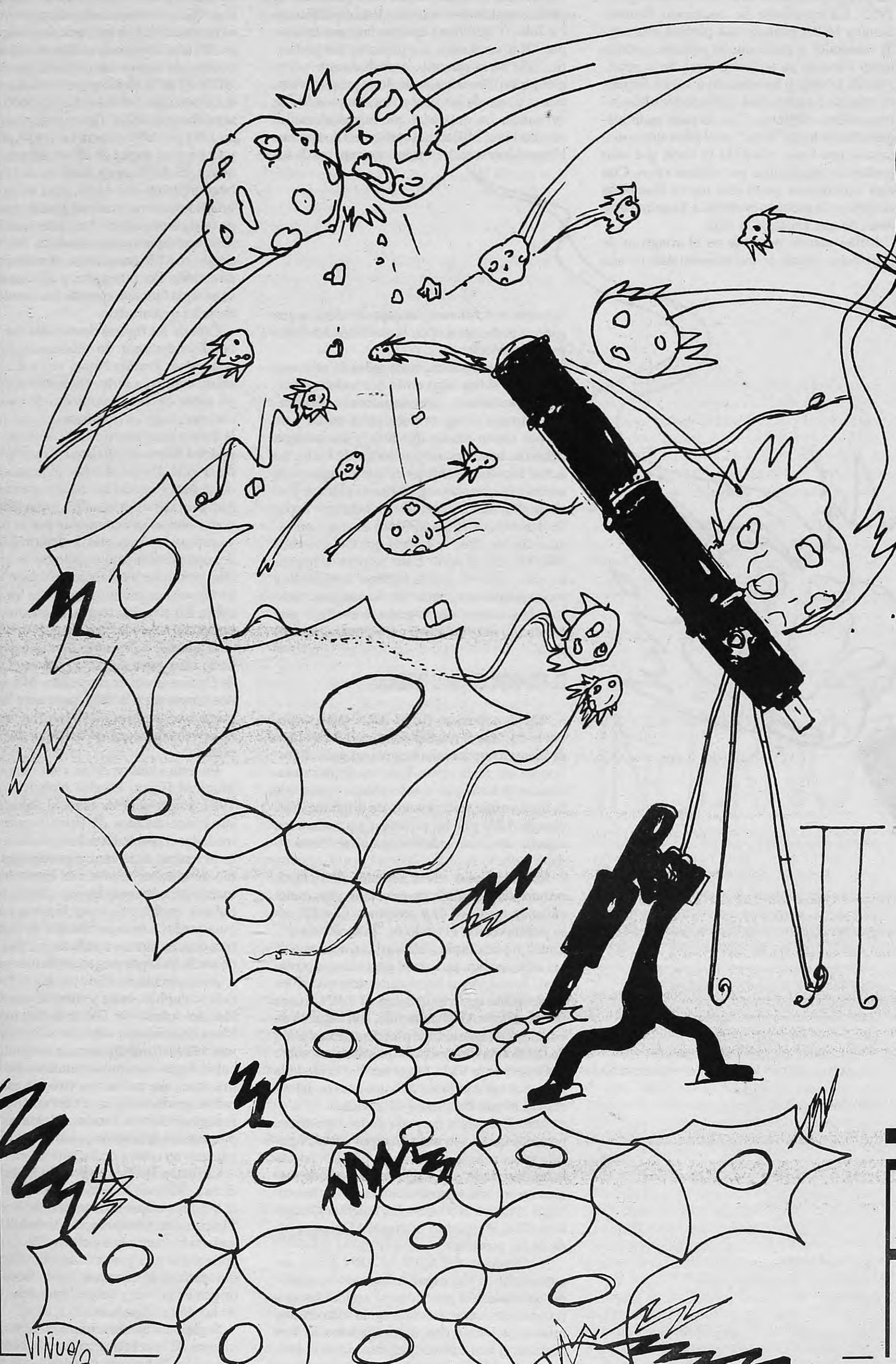
El congreso sobre cómo empezó todo

EL CLICK DE LA VIDA

Hace dos semanas se reunieron en Barcelona los principales científicos de todas aquellas disciplinas que pudieran aportar algo sobre un menudo tema: el origen de la vida. Químicos, biólogos, cosmólogos, etc., aportaron lo suyo para descifrar el enigma que hasta ahora sólo tiene resolución religiosa. Fueron presentadas en sociedad allí las últimas investigaciones e hipótesis sobre el ARN (ácido ribonucleico), antecesor del ADN; sobre el posible impacto de un meteorito o un cometa como desencadenante energético de la vida en la Tierra; sobre las increíbles similitudes entre Titán, el satélite más grande de Saturno, y la Tierra antes de que existiera vida; sobre lo mucho que podrá aportar la NASA en los próximos años cuando las diferentes sondas, satélites y telescopios envíen informaciones del cosmos.



Puente Colonia-Buenos Aires

¿PARA QUE SIRVE?

Por Roxana Tabakman,
desde Barcelona

Congreso internacional sobre

HABIA UNA

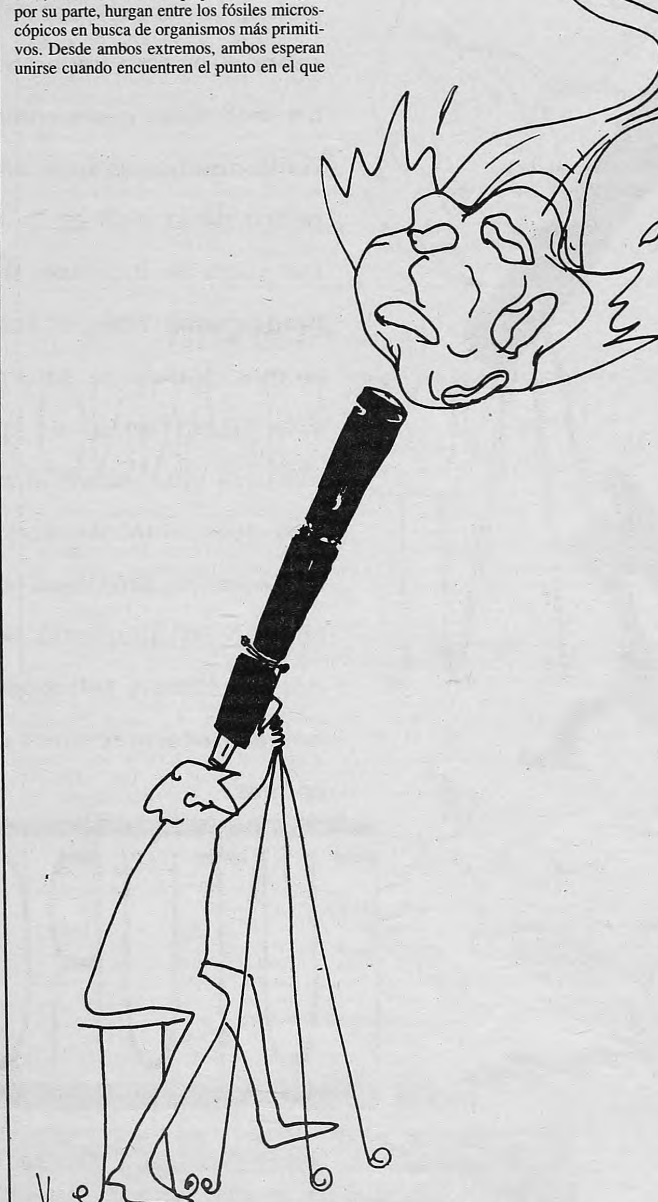
Había una vez...hace muchos, pero muchísimos años, un planeta que estaba vacío. Al cabo de cierto tiempo, dejó de estar vacío y comenzó a oírse el ruido de los animales y de los hombres. Bastante tiempo después comenzaron a oírse los motores de las fábricas y de los aviones. Pero hubo un primer instante en el que saltó la chispa de la vida. Un instante antes del cual no había nada vivo y en el que apareció algo que sí lo era. Un momento en el que se une nuestro origen con el de los hongos, los elefantes, los virus y las palmeras. El instante en el que nació la vida.

Alberto le relata una noche esta historia a su hijo Matías. Las mariposas más bellas, por ejemplo, no aparecieron por generación espontánea. Evolucionaron a partir de otras menos complejas, y éstas a su vez de otras aún más sencillas y así el cuento de nunca acabar. Pero, ¿cómo se creó la primera pizca de vida en el primer segundo? Alberto no tiene la respuesta. Y por eso, los más grandes expertos, entre ellos varios premios Nobel, se reunieron recientemente en Barcelona en un congreso internacional sobre el origen de la vida para tratar de encontrarla.

En 1924, Oparin propuso la primera hipótesis química para explicar el origen de la vida. Según él, los compuestos orgánicos presentes en la Tierra primitiva habrían sufrido una progresiva evolución química hasta convertirse en moléculas que cumplieran las condiciones para llamarse biomoléculas. Desde entonces, y ya estamos por terminar el siglo, los químicos están tratando de imaginar moléculas orgánicas no ya prehistóricas sino prebióticas (es decir, de antes de que existiera la vida) cada vez más complejas. Los biólogos, por su parte, hurgan entre los fósiles microscópicos en busca de organismos más primitivos. Desde ambos extremos, ambos esperan unirse cuando encuentren el punto en el que pudo ocurrir el gran salto.

Un gran salto, al menos en lo que a la teoría y la investigación se refiere, se produjo en 1953. Un estudiante de doctorado llamado Stanley Miller puso en una probeta una sopa de minerales y gases que él pensaba podrían haber existido en la Tierra antes de la aparición de la vida y las sometió a varias fuentes de energía (electricidad, radiaciones ultravioletas, calor, etcétera). Con un pase nada mágico, Miller logró "crear" en el laboratorio sustancias que hasta entonces se creía que sólo podían ser producidas por células vivas. Con esta experiencia nació una nueva disciplina científica: la química prebiótica, la química de antes de que existiera la vida.

Miller estuvo presente en el congreso de Barcelona, donde se vio rodeado más de una vez por estudiantes que le pedían autógrafos. Pero no todos fueron recuerdos de su pasado. Aprovechó la oportunidad para presentar al mundo sus trabajos actuales. Este científico de La Jolla (California) apuesta hoy por lo simple. "If it's not easy, it's probably not prebiotic." (Si no es sencillo, probablemente no es prebiótico) fue el leitmotiv de su presentación: una revisión de los probables antepasados de las sustancias químicas que hoy dominan el mundo vivo. Miller presentó como dos probables predecesores a compuestos capaces de sobrevivir en un planeta sin capa de ozono y que a la vez pudieran aceptar la paternidad de otras macromoléculas.



Ese instante ocurrió hace miles de millones de años y si hay algo en lo que todos coinciden es que nada es como era entonces. En aquellos tiempos el Sol brillaba entre un 20 y un 30 por ciento menos que hoy, y los océanos deberían haber estado cubiertos de hielo. La actual hipótesis deMiller es que el impacto de un bólido que chocara contra el planeta Tierra podría haber generado una energía capaz de derretir sus aguas. Bólidos de éstos no caen todos los días; se calcula que cae uno cada 100.000.000 de años. Entre impacto e impacto, esta cubierta podría haberse congelado y recongelado sucesivamente, lo que para nuestros buscadores de orígenes constituye una condición muy atractiva para situar el minuto cero.

EL ESLABON QUIMICO PERDIDO

En un comienzo fue el ARN (ácido ribonucleico). En el mundo de hoy, el ADN (ácido desoxirribonucleico) es el que guía el destino de los seres vivos. Este rey de la naturaleza no se basta por sí solo y debe contar con la inestimable intervención de diferentes formas de ARN y de las proteínas para mantener aquella cosa casi indefinible que se llama vida.

En las células vivas actuales fabricamos nuestro ARN utilizando para ello otras moléculas de ARN, ADN y proteínas. El ARN sólo podría recibir el título de "la molécula original" si pudiéramos fabricarla en ausencia de las otras sustancias que se generaron a posteriori. Leslie Orgel logró demostrar que si los nucleótidos que constituyen el ARN tienen moléculas de ARN de molde, son capaces de copiarlas en ausencia de proteínas. En ocasión de la Décima Conferencia Internacional sobre el Origen de la Vida, Orgel recibió la medalla Urey por sus continuos trabajos a favor del esclarecimiento del origen de la vida.

Actualmente, la mayoría de los científicos coincide en que en otros tiempos el ARN podría haber sido autosuficiente. El ARN podría haber realizado por sí mismo, aunque de manera no tan brillante como lo hacen sus homólogos actuales asociados, las funciones de autoduplicación que hoy realiza el ADN con ayuda de las proteínas.

A diferencia del ADN, el ARN puede ser autocatalítico y es capaz de reproducir su propia información genética. Al residir las dos propiedades características de la vida en una misma molécula, los investigadores lo han aceptado ya casi en su conjunto como el protagonista del minuto cero.

En este congreso se presentaron muchos científicos que intentan imitar los procesos biológicos evolutivos en los tubos de ensayo. El equipo de Jack Szostak presentó a un potencial antepasado del ARN. Estos científicos inventaron una molécula parecida al ARN que, de haber existido en la naturaleza, habría sido capaz de producir copias de sí misma sin ayuda externa. Otro trabajo muy comentado fue el de Nielsen, quien trabajaba para una empresa farmacéutica en busca de una droga en contra del cáncer cuando se dio cuenta de que tenía en sus manos un probable precursor del ADN. El APN (ácido péptico nucleico) podría ser el paso que faltaba entre las moléculas más sencillas y el ADN. Descrito por vez primera en 1991, el APN respeta las reglas de Watson y Crick y es capaz de llevar información genética. El APN es, en palabras de Nielsen, un buen imitador del ADN, pero no lo es. ¿Habría sido acaso el material genético primordial de la sopa primitiva? Para este científico, podemos vislumbrar un mundo de ARN y APN, donde el APN constituiría el material genético estable. Por otra parte, y afortunadamente, su ansiada función en medicina oncológica aún no se ha descartado.

Otra de las figuras destacadas fue la de Albert Eschenmoser, un químico orgánico suizo que sin ser Premio Nobel va –a decir de muchos– camino a serlo. Eschenmoser se explayó sobre el comportamiento de unas sustancias que, bajo las peculiares circunstancias de la Tierra hace más de 4000 millones de años, podrían haber sintetizado los ladrillos básicos de la vida. De las muchas moléculas que podrían haber tenido las características necesarias para dar el gran salto, seguramente unas pocas fueron seleccionadas por la naturaleza y propuso la existencia de determinadas leyes del comportamiento o etología de las sustancias químicas que habrían ayudado a convertir algunas estructuras químicas en biomoléculas. En su conferencia, Eschenmoser pasó revista no sólo a las favoritas de la naturaleza, sino también a las moléculas que podrían haberlo sido, pero que no lo fueron. La postura de Eschenmoser es muy clara. Muchos caminos nos conducen a la vida, pero ante la duda, él prefiere el camino más simple. La vida, al menos en sus orígenes, no tiene por qué ser complicada.

En esta cumbre de la vida tampoco faltó Manfred Eigen, Premio Nobel de Química 1967. Eigen debe su fama al haber utilizado sus conocimientos de física y química para trasladar el problema del origen de la vida desde el terreno de la vana especulación al dominio de la experimentación. Eigen trabaja actualmente con unos aparatos llamados aceleradores evolutivos, unos biorreactores computarizados. Los experimentos de Eigen muestran que, en ciertas condiciones, una solución de nucleótidos da origen en forma espontánea a una molécula de ácido nucleico. Esta molécula se duplica, muta y compite con su progenie para sobrevivir. Dicho de otra manera, las ideas darwinianas sobre la selección natural son válidas también para la evolución molecular. Eigen estudia actualmente las transformaciones que sufren los virus en estos aceleradores evolutivos, lo que define como biotecnología evolutiva. Una tecnología que además puede tener aplicación práctica en el diseño de vacunas en contra de los virus.

Christian De Duve (Premio Nobel de Medicina 1974) no ha tenido empacho en decirle a la prensa que la aparición de la vida en la Tierra era un fenómeno tan probable que obligadamente tenía que ocurrir. De Duve le ha presentado a la comunidad científica su propia teoría de lo que pudo haber sucedido en el origen de la vida y sobre cómo debe haber sido la célula número uno.

Según sus lucubraciones científicas, en el interior de la célula actual se encuentra el esquema de la historia evolutiva que le precedió. La lectura e interpretación del mensaje allí contenido nos permitirá descubrir su historia.

Y los grandes presentes en Barcelona suman y siguen. Sin ser Premio Nobel, Lynn Margulis, de la Universidad de Massachusetts, no es menos importante que los anteriores. Ella

Congreso internacional sobre el origen de la vida

HABIA UNA VEZ...

Por Roxana Tabakman, desde Barcelona

Había una vez...hace muchos, pero muchísimos años, un planeta que estaba vacío. Al cabo de cierto tiempo, dejó de estar vacío y comenzó a oírse el ruido de los animales y de los hombres. Bastante tiempo después comenzaron a oírse los motores de las fábricas y de los aviones. Pero hubo un primer instante en el que saltó la chispa de la vida. Un instante antes del cual no había nada vivo y en el que apareció algo que sí lo era. Un momento en el que se une nuestro origen con el de los hongos, los elefantes, los virus y las palmeras. El instante en el que nació la vida.

Alberto le relata una noche esta historia a su hijo Matías. Las mariposas más bellas, por ejemplo, no aparecieron por generación espontánea. Evolucionaron a partir de otras menos complejas, y éstas a su vez de otras aún más sencillas y así el cuento de nunca acabar. Pero, ¿cómo se creó la primera pizca de vida en el primer segundo? Alberto no tiene la respuesta. Y por eso, los más grandes expertos, entre ellos varios premios Nobel, se reunieron recientemente en Barcelona en un congreso internacional sobre el origen de la vida para tratar de encontrarla.

En 1924, Oparin propuso la primera hipótesis química para explicar el origen de la vida. Según él, los compuestos orgánicos presentes en la Tierra primitiva habrían sufrido una progresiva evolución química hasta convertirse en moléculas que cumplieran las condiciones para llamarse biomoléculas. Desde entonces, y ya estamos por terminar el siglo, los químicos están tratando de imaginar moléculas orgánicas no ya prehistóricas sino prebióticas (es decir, de antes de que existiera la vida) cada vez más complejas. Los biólogos, por su parte, hurgan entre los fósiles microscópicos en busca de organismos más primitivos. Desde ambos extremos, ambos esperan unirse cuando encuentren el punto en el que pudo ocurrir el gran salto.

Un gran salto, al menos en lo que a la teoría y la investigación se refiere, se produjo en 1953. Un estudiante de doctorado llamado Stanley Miller puso en una probeta una sopa de minerales y gases que él pensaba podrían haber existido en la Tierra antes de la aparición de la vida y las sometió a varias fuentes de energía (electricidad, radiaciones ultravioletas, calor, etcétera). Con un pase nada mágico, Miller logró "crear" en el laboratorio sustancias que hasta entonces se creía que sólo podían ser producidas por células vivas. Con esta experiencia nació una nueva disciplina científica: la química prebiótica, la química de antes de que existiera la vida.

Miller estuvo presente en el congreso de Barcelona, donde se vio rodeado más de una vez por estudiantes que le pedían autógrafos. Pero no todos fueron recuerdos de su pasado. Aprovechó la oportunidad para presentar al mundo sus trabajos actuales. Este científico de La Jolla (California) apuesta hoy por lo simple. "If it's not easy, it's probably not prebiotic." (Si no es sencillo, probablemente no es prebiótico) fue el leitmotiv de su presentación: una revisión de los probables antepasados de las sustancias químicas que hoy dominan el mundo vivo. Miller presentó como dos probables predecesores a compuestos capaces de sobrevivir en un planeta sin capa de ozono y que a la vez pudieran aceptar la paternidad de otras macromoléculas.

Ese instante ocurrió hace miles de millones de años y si hay algo en lo que todos coinciden es que nada es como era entonces. En aquellos tiempos el Sol brillaba entre un 20 y un 30 por ciento menos que hoy, y los océanos deberían haber estado cubiertos de hielo. La actual hipótesis deMiller es que el impacto de un bólido que chocara contra el planeta Tierra podría haber generado una energía capaz de derretir sus aguas. Bólidos de éstos no caen todos los días; se calcula que cae uno cada 100.000.000 de años. Entre impacto e impacto, esta cubierta podría haberse congelado y recongelado sucesivamente, lo que para nuestros buscadores de orígenes constituye una condición muy atractiva para situar el minuto cero.

EL ESLABON QUIMICO PERDIDO

En un comienzo fue el ARN (ácido ribonucleico). En el mundo de hoy, el ADN (ácido desoxirribonucleico) es el que guía el destino de los seres vivos. Este rey de la naturaleza no se basta por sí solo y debe contar con la inestimable intervención de diferentes formas de ARN y de las proteínas para mantener aquella cosa casi indefinible que se llama vida.

En las células vivas actuales fabricamos nuestro ARN utilizando para ello otras moléculas de ARN, ADN y proteínas. El ARN sólo podría recibir el título de "la molécula original" si pudiéramos fabricarla en ausencia de las otras sustancias que se generaron a posteriori. Leslie Orgel logró demostrar que si los nucleótidos que constituyen el ARN tienen moléculas de ARN de molde, son capaces de copiarlas en ausencia de proteínas. En ocasión de la Décima Conferencia Internacional sobre el Origen de la Vida, Orgel recibió la medalla Urey por sus continuos trabajos a favor del esclarecimiento del origen de la vida.

Actualmente, la mayoría de los científicos coincide en que en otros tiempos el ARN podría haber sido autosuficiente. El ARN podría haber realizado por sí mismo, aunque de manera no tan brillante como lo hacen sus homólogos actuales asociados, las funciones de autoduplicación que hoy realiza el ADN con ayuda de las proteínas.

A diferencia del ADN, el ARN puede ser autocatalítico y es capaz de reproducir su propia información genética. Al residir las dos propiedades características de la vida en una misma molécula, los investigadores lo han aceptado ya casi en su conjunto como el protagonista del minuto cero.

En este congreso se presentaron muchos científicos que intentan imitar los procesos biológicos evolutivos en los tubos de ensayo. El equipo de Jack Szostak presentó a un potencial antepasado del ARN. Estos científicos inventaron una molécula parecida al ARN que, de haber existido en la naturaleza, habría sido capaz de producir copias de sí misma sin ayuda externa. Otro trabajo muy comentado fue el de Nielsen, quien trabajaba para una empresa farmacéutica en busca de una droga en contra del cáncer cuando se dio cuenta de que tenía en sus manos un probable precursor del ADN. El APN (ácido péptico nucleico) podría ser el paso que faltaba entre las moléculas más sencillas y el ADN. Descrito por vez primera en 1991, el APN respeta las reglas de Watson y Crick y es capaz de llevar información genética. El APN es, en palabras de Nielsen, un buen imitador del ADN, pero no lo es. ¿Habría sido acaso el material genético primordial de la sopa primitiva? Para este científico, podemos vislumbrar un mundo de ARN y APN, donde el APN constituiría el material genético estable. Por otra parte, y afortunadamente, su ansiada función en medicina oncológica aún no se ha descartado.

Otra de las figuras destacadas fue la de Albert Eschenmoser, un químico orgánico suizo que sin ser Premio Nobel va –a decir de muchos– camino a serlo. Eschenmoser se explayó sobre el comportamiento de unas sustancias que, bajo las peculiares circunstancias de la Tierra hace más de 4000 millones de años, podrían haber sintetizado los ladrillos básicos de la vida. De las muchas moléculas que podrían haber tenido las características necesarias para dar el gran salto, seguramente unas pocas fueron seleccionadas por la naturaleza y propuso la existencia de determinadas leyes del comportamiento o etología de las sustancias químicas que habrían ayudado a convertir algunas estructuras químicas en biomoléculas. En su conferencia, Eschenmoser pasó revista no sólo a las favoritas de la naturaleza, sino también a las moléculas que podrían haberlo sido, pero que no lo fueron. La postura de Eschenmoser es muy clara. Muchos caminos conducen a la vida, pero ante la duda, él prefiere el camino más simple. La vida, al menos en sus orígenes, no tiene por qué ser complicada.

En esta cumbre de la vida tampoco faltó Manfred Eigen, Premio Nobel de Química 1967. Eigen debe su fama al haber utilizado sus conocimientos de física y química para trasladar el problema del origen de la vida desde el terreno de la vana especulación al dominio de la experimentación. Eigen trabaja actualmente con unos aparatos llamados aceleradores evolutivos, unos biorreactores computarizados. Los experimentos de Eigen muestran que, en ciertas condiciones, una solución de nucleótidos da origen en forma espontánea a una molécula de ácido nucleico. Esta molécula se duplica, muta y compite con su progenie para sobrevivir. Dicho de otra manera, las ideas darwinianas sobre la selección natural son válidas también para la evolución molecular. Eigen estudia actualmente las transformaciones que sufren los virus en estos aceleradores evolutivos, lo que define como biotecnología evolutiva. Una tecnología que además puede tener aplicación práctica en el diseño de vacunas en contra de los virus.

Christian De Duve (Premio Nobel de Medicina 1974) no ha tenido empacho en decirle a la prensa que la aparición de la vida en la Tierra era un fenómeno tan probable que obligadamente tenía que ocurrir. De Duve le ha presentado a la comunidad científica su propia teoría de lo que pudo haber sucedido en el origen de la vida y sobre cómo debe haber sido la célula número uno.

Según sus lucubraciones científicas, en el interior de la célula actual se encuentra el esquema de la historia evolutiva que le precedió. La lectura e interpretación del mensaje allí contenido nos permitirá descubrir su historia.

Y los grandes presentes en Barcelona suman y siguen. Sin ser Premio Nobel, Lynn Margulis, de la Universidad de Massachusetts, no es menos importante que los anteriores. Ella ha desarrollado y difundido una teoría según la cual diferentes componentes de la célula derivarían de unas bacterias que se habrían introducido dentro de la célula hace muchísimos años y cuya asociación fue tan mutuamente provechosa que ambos organismos terminaron por evolucionar conjuntamente. Margulis se ha hecho también muy conocida por su colaboración con Lovelock en el desarrollo de la teoría de Gaia. Esta popular teoría, que incluso ha llevado al desarrollo de jueguitos de computadora, considera a la Tierra en su conjunto (piedras, plantas y animales) como un organismo gigante que se interrelaciona en forma conjunta con el clima. Esta ecóloga de renombre internacional ha sido también la primera esposa de Carl Sagan y, para muchos, quien le enseñó la mayor parte de lo que él sabe de biología. Pero eso es historia, y esta vez Lynn Margulis presentó unos microorganismos actuales muy semejantes a otros que, hoy ya fósiles, pueden haber sido en vida testigos de nuestros orígenes.

COMO, CUANDO Y DONDE

Hay quienes están preocupados por saber cómo ocurrió. Otros por saber cuándo, y finalmente dónde. Entre ellos se encuentra William Schopf, de la Universidad de California, para muchos un verdadero pez gordo. Especialista en paleobiología, sus investigaciones se centran en los fósiles más antiguos conocidos, con los que ha estudiado la transición desde una fase primordial en el desarrollo de la Tierra y de la vida hasta el establecimiento de una biosfera moderna. Su esperada presentación versó sobre once especies de microbios recientemente descubiertos en Australia que habrían visto la luz hace 3465 millones de años, unos 1300 millones de años antes que los microfósiles más antiguos conocidos. Estos microbios, de formas muy diversas aunque apenas midan milésimas de milímetro, son sin embargo seres muy evolucionados. Todo esto hace pensar a Schopf que no son los primeros y que la vida tiene que ser muy anterior a los rastros de vida más antiguos que hoy se conocen.

Conformes con no saber cuándo, hay quienes insisten en saber dónde. Una línea de investigación ha llevado el estudio a las surgencias de aguas termales submarinas, en lo más profundo de los océanos. Algunos investigadores creen que allí pueden reproducirse las condiciones que existían en la Tierra hace 3900 millones de años.

Por otro lado, el cómo, el cuándo y el dónde han llevado a algunos investigadores bastante más lejos, algo así como hasta los límites del universo. Como el proceso que originó la vida en la Tierra pudo haber ocurrido también en otros sistemas planetarios, aquí entramos en otras nuevas disciplinas: la cosmoquímica y la exobiología. La cosmoquímica estudia los fenómenos químicos dentro del contexto que sitúa a nuestra Tierra como una minúscula pieza del cosmos, y la exobiología estudia la posible existencia de vida fuera de nuestro planeta.

Mientras algunos grupos siguen investigando la génesis de las primeras moléculas biológicas en la Tierra, Mayo Greenberg es uno de los muchos que está convencido de que la semilla de la vida nos llegó del cielo. No es cuestión de fe, sino de astronomía, química teórica, información del cometa Halley y de los meteoritos que han caído a lo largo de los tiempos por estos lares. Los cometas podrían haber traído a la Tierra primitiva sustancias orgánicas interestelares que con el tiempo crearían la vida. Los trabajos de Delsemme son otros de los muchos que apuntaban en la misma dirección. "El impacto de los cometas puso las bases para el origen de la vida. Provocó la aparición del agua y de diversos materiales orgánicos base para la aparición de la vida." Tras introducirse en la intimidad de los cráteres lunares y terrestres, Delsemme insiste en la alta probabilidad de que los constituyentes del ADN, el ARN y las proteínas nos hubieran llegado vía aérea tras su fabricación en el espacio interestelar.

Cristiano Cosmovici es un italiano que ya desde su bautismo estaba marcado para buscar los orígenes en el cosmos. Fiel a este designio, habló de los excepcionales descubrimientos hechos a partir de la nave espacial Giotto durante el paso del Halley. La confirmación de sus ideas lo llevó a decir que la actividad cometaria podría haber actuado en la generación de enormes cantidades de moléculas prebióticas que luego habrían sido distribuidas en los más diversos puntos de la galaxia.

La abundancia en el espacio de compuestos orgánicos relacionados con los procesos vivos da pie a un sinfín de conjeturas sobre la posible existencia de vida extraterrestre. En el congreso de Barcelona destacó la presencia de Frank Drake, el científico que inventó una fórmula matemática para calcular el número de civilizaciones que podrían existir en nuestra galaxia. Drake, quien cree que por cada 10 millones de estrellas podría existir una civilización, dirige el SETI, el laboratorio que se ocupa de buscar vida inteligente más allá de los confines del sistema solar. Otro grande, Joan Oró –presidente de la Sociedad Internacional sobre el Origen de la Vida– está de acuerdo con Drake en que quizá no estemos solos, pero discrepa en los números. El catalán, famoso por haber creado en el laboratorio uno de los componentes del ADN y el ARN, la adenina, mezclando cianuro y amoníaco, insistía en que la posibilidad era bastante menor, del orden de 1 estrella en 1000 millones.

De todos los ojos que miraban el horizonte, unos cuantos lo hacían en una misma dirección: Titán. Este cuerpo celeste, el satélite más grande de Saturno, tiene unas condiciones muy similares a las que se piensa tenía la Tierra hace miles de millones de años. La atmósfera es densa, con nitrógeno, amoníaco y compuestos orgánicos. La superficie está probablemente cubierta por océanos de metano y etano líquidos, y se piensa que en ellos puede haber sustancias orgánicas de una naturaleza química similar a las que había otrora en nuestro planeta. Por el momento, no hay pruebas de que en Titán haya vida, pero si se pudiera comprobar que Titán tuvo agua alguna vez, entonces es posible que tuviera una historia similar.

Titán es un lugar muy frío y el agua líquida hoy no existe. De comprobarse que alguna vez hubo agua, el estudio de Titán podría aportar información de la química prebiótica terrestre. Sin embargo, de no haber existido nunca agua, igual nos sería útil porque nos podría dar la pauta del papel del agua en la exobiología. Este cuasiplaneta es hoy el laboratorio natural ideal para estudiar "el día antes" de la evolución de la vida. François Raulin adelantó detalles de la misión Cassini-Huygens que, para sacarnos a todos de estas dudas, ha unido a la NASA con su homólogo europeo, la ESA.

Pero Titán está muy lejos y si la nave parte como está previsto en 1997, no hollará su suelo hasta el 2004.

A VIVIR QUE CHOCAN LOS COMETAS

Según parece, cada 26 millones de años nos visita una lluvia de meteoritos. Estos cuerpos voladores también pueden ser enemigos y destruir la vida que otros cuerpos celestes aparentemente han sembrado. Los últimos cayeron hace 13 millones de años, por lo que sería prematuro comenzar a preocuparse desde ahora, pero nada impide que algunos se nos vengan encima fuera de plazo. Y qué mejor que un misil para desviar su trayectoria.

Los cálculos ya están hechos para que funcione con un margen de error de 2 cm en una distancia calculada en un millón de kilómetros de la Tierra. Pero como la ciencia debe ser previsora, no desperdiciará para su estudio la colisión del cometa Shoemaker-Levy con Júpiter, esperada para el 24 de julio de 1994. Los que se queden dormidos, deberán esperar unos 10 millones de años para su próxima oportunidad.

La NASA tendrá mucho para contarnos en los próximos años, ya que las misiones y programas en desarrollo tienen la potencialidad de expandir nuestro conocimiento en el origen y evolución de compuestos biogénicos. El único otro planeta de nuestro sistema en el que pudo haberse generado vida es Marte. Hoy aún no sabemos si la vida evolucionó alguna vez en Marte, y en ese caso si algún tipo de vida aún existe, aunque es posible que de existir sea muy distinta a la conocida por estos barrios. Uno de los objetivos del MESUR (Mars Environmental Survey) *pathfinder* es determinar la composición elemental de la superficie marciana en busca de elementos de interés exobiológico. La NEAR (Near Earth Asteroid Rendez-vouz) hará lo propio con un asteroide cercano a la Tierra.



Biología marina

INFIERNO SUBMARINO

Por Sandra Igelka

Según los últimos descubrimientos de la biología marina, el origen de la vida se parecería más a un ardiente infierno submarino que al jardín del Edén. En el fondo del océano hay volcanes, geisers y fuentes de sulfuro hirviendo. Estos que parecen ser los más inhóspitos lugares del planeta –tres kilómetros de agua marina impiden el paso de la luz, la presión aplastaría inmediatamente a un ser humano, del corrosivo ácido sulfúrico emanan surtidores de hasta cuatrocientos grados centígrados– están rebosantes de vida. Hay colonias enteras de gusanos y gigantescos moluscos y cangrejos que encuentran abundante alimento: allí la biomasa es mil veces mayor que en cualquier otra parte del océano.

El microbiólogo Karl Stetter, de la Universidad de Regensburg, está convencido de que estos oasis de vida que descubriera hace dieciséis años en las profundidades del Pacífico, cuando se internara con el submarino Alvin, pueden ser reliquias de las bacterias que surgieron hace millones de años y dieron origen a la vida en el planeta. Desde entonces, cada año los submarinos del instituto geográfico estadounidense de Woods Hole organizan una expedición a estas incubadoras de vida. Para sumergirse, un técnico y dos investigadores se comprimen en una bola de dos metros de diámetro. Stetter ya tiene en su laboratorio un muestrario de unas cuarenta especies, en verdaderas calderas regadas de gases sulfúricos donde viven las bacterias primitivas obtenidas en las profundidades. "Estos microorganismos pertenecen a un tronco independiente de la vida, un reino orgánico que muy pronto se desarrolló segregado y desde entonces sigue separado de las demás bacterias", explica. De ellas dependen todos los demás habitantes del fondo del mar, porque son las únicas que pueden aprovechar la energía hidrotérmica del humo negro. Y de esta capacidad para aprovechar el veneno se sirven los gusanos, que con sus branquias filtran el ácido sulfídrico del surtidor hirviendo y lo transportan vía sanguínea a su abdomen, que se transforma en un enorme depósito de bacterias de sulfuro. A su vez, los cangrejos y otras formas de vida marina del humo negro se alimentan de gusanos y moluscos. Las bacterias, en cambio, dependen de la sustanciosa lluvia nutritiva procedente de seres marinos muertos en las capas superiores del agua. Los gusanos y cangrejos de las profundidades, en tanto, se alimentan de la energía que emana de las fuentes interiores de la Tierra.

Este primitivo ecosistema podría haber sobrevivido independientemente, mientras en la superficie se sucedían catástrofes como lluvias meteóricas o períodos glaciares o la invasión de la tierra por los mares. Así, por comparación genética de los organismos, se puede hacer un seguimiento del árbol genealógico de la vida hasta los remotos tiempos de la Era Precámbrica. "Cuanto más primitiva es una bacteria, tanto más caliente es su ámbito natural", dice Stetter. De este modo, las raíces de la vida parecen hundidas en las fumarolas oceánicas y éste sería uno de los descubrimientos más espectaculares del siglo.

el origen de la vida

A VEZ...

ha desarrollado y difundido una teoría según la cual diferentes componentes de la célula derivarían de unas bacterias que se habrían introducido dentro de la célula hace muchísimos años y cuya asociación fue tan mutuamente provechosa que ambos organismos terminaron por evolucionar conjuntamente. Margulis se ha hecho también muy conocida por su colaboración con Lovelock en el desarrollo de la teoría de Gaia. Esta popular teoría, que incluso ha llevado al desarrollo de jueguitos de computadora, considera a la Tierra en su conjunto (piedras, plantas y animales) como un organismo gigante que se interrelaciona en forma conjunta con el clima. Esta ecóloga de renombre internacional ha sido también la primera esposa de Carl Sagan y, para muchos, quien le enseñó la mayor parte de lo que él sabe de biología. Pero eso es historia, y esta vez Lynn Margulis presentó unos microorganismos actuales muy semejantes a otros que, hoy ya fósiles, pueden haber sido en vida testigos de nuestros orígenes.

COMO, CUANDO Y DONDE

Hay quienes están preocupados por saber cómo ocurrió. Otros por saber cuándo, y finalmente dónde. Entre ellos se encuentra William Schopf, de la Universidad de California, para muchos un verdadero pez gordo. Especialista en paleobiología, sus investigaciones se centran en los fósiles más antiguos conocidos, con los que ha estudiado la transición desde una fase primordial en el desarrollo de la Tierra y de la vida hasta el establecimiento de una biosfera moderna. Su esperada presentación versó sobre once especies de microbios recientemente descubiertos en Australia que habrían visto la luz hace 3465 millones de años, unos 1300 millones de años antes que los microfósiles más antiguos conocidos. Estos microbios, de formas muy diversas aunque apenas midan milésimas de milímetro, son sin embargo seres muy evolucionados. Todo esto hace pensar a Schopf que no son los primeros y que la vida tiene que ser muy anterior a los rastros de vida más antiguos que hoy se conocen.

Conformes con no saber cuándo, hay quienes insisten en saber dónde. Una línea de investigación ha llevado el estudio a las surgencias de aguas termales submarinas, en lo más profundo de los océanos. Algunos investigadores creen que allí pueden reproducirse las condiciones que existían en la Tierra hace 3900 millones de años.

Por otro lado, el cómo, el cuándo y el dónde han llevado a algunos investigadores bastante más lejos, algo así como hasta los límites del universo. Como el proceso que originó la vida en la Tierra pudo haber ocurrido también en otros sistemas planetarios, aquí entramos en otras nuevas disciplinas: la cosmoquímica y la exobiología. La cosmoquímica estudia los fenómenos químicos dentro del contexto que sitúa a nuestra Tierra como una minúscula pieza del cosmos, y la exobiología estudia la posible existencia de vida fuera de nuestro planeta.

Mientras algunos grupos siguen investigando la génesis de las primeras moléculas biológicas en la Tierra, Mayo Greenberg es uno de los muchos que está convencido de que la semilla de la vida nos llegó del cielo. No es cuestión de fe, sino de astronomía, química teórica, información del cometa Halley y de los meteoritos que han caído a lo largo de los tiempos por estos lares. Los cometas podrían haber traído a la Tierra primitiva sustancias orgánicas interestelares que con el tiempo crearían la vida. Los trabajos de Delsemme son otros de los muchos que apuntaban en la misma dirección. "El impacto de los cometas puso las bases para el origen de la vida. Provocó la aparición del agua y de diversos materiales orgánicos base para la aparición de la vida." Tras introducirse en la intimidad de los cráteres lunares y terrestres, Delsemme insiste en la alta probabilidad de que los constituyentes del ADN, el ARN y las proteínas nos hubieran llegado vía aérea tras su fabricación en el espacio interestelar.

Cristiano Cosmovici es un italiano que ya desde su bautismo estaba marcado para buscar los orígenes en el cosmos. Fiel a este designio, habló de los excepcionales descubrimientos hechos a partir de la nave espacial Giotto durante el paso del Halley. La confirmación de sus ideas lo llevó a decir que la actividad cometaria podría haber actuado en la generación de enormes cantidades de moléculas prebióticas que luego habrían sido distribuidas en los más diversos puntos de la galaxia.

La abundancia en el espacio de compuestos orgánicos relacionados con los procesos vivos da pie a un sinfín de conjeturas sobre la posible existencia de vida extraterrestre. En el congreso de Barcelona destacó la presencia de Frank Drake, el científico que inventó una fórmula matemática para calcular el número de civilizaciones que podrían existir en nuestra galaxia. Drake, quien cree que por cada 10 millones de estrellas podría existir una civilización, dirige el SETI, el laboratorio que se ocupa de buscar vida inteligente más allá de los confines del sistema solar. Otro grande, Joan Oró –presidente de la Sociedad Internacional sobre el Origen de la Vida– está de acuerdo con Drake en que quizá no estemos solos, pero discrepa en los números. El catalán, famoso por haber creado en el laboratorio uno de los componentes del ADN y el ARN, la adenina, mezclando cianuro y amoníaco, insistía en que la posibilidad era bastante menor, del orden de 1 estrella en 1000 millones.

De todos los ojos que miraban el horizonte, unos cuantos lo hacían en una misma dirección: Titán. Este cuerpo celeste, el satélite más grande de Saturno, tiene unas condiciones muy similares a las que se piensa tenía la Tierra hace miles de millones de años. La atmósfera es densa, con nitrógeno, amoníaco y compuestos orgánicos. La superficie está probablemente cubierta por océanos de metano y etano líquidos, y se piensa que en ellos puede haber sustancias orgánicas de una naturaleza química similar a las que había otrora en nuestro planeta. Por el momento, no hay pruebas de que en Titán haya vida, pero si se pudiera comprobar que Titán tuvo agua alguna vez, entonces es posible que tuviera una historia similar.

Titán es un lugar muy frío y el agua líquida hoy no existe. De comprobarse que alguna vez hubo agua, el estudio de Titán podría aportar información de la química prebiótica terrestre. Sin embargo, de no haber existido nunca agua, igual nos sería útil porque nos podría dar la pauta del papel del agua en la exobiología. Este cuasiplaneta es hoy el laboratorio natural ideal para estudiar "el día antes" de la evolución de la vida. François Raulin adelantó detalles de la misión Cassini-Huygens que, para sacarnos a todos de estas dudas, ha unido a la NASA con su homólogo europeo, la ESA.

Pero Titán está muy lejos y si la nave parte como está previsto en 1997, no hollará su suelo hasta el 2004.

A VIVIR QUE CHOCAN LOS COMETAS

Según parece, cada 26 millones de años nos visita una lluvia de meteoritos. Estos cuerpos voladores también pueden ser enemigos y destruir la vida que otros cuerpos celestes aparentemente han sembrado. Los últimos cayeron hace 13 millones de años, por lo que sería prematuro comenzar a preocuparse desde ahora, pero nada impide que algunos se nos vengan encima fuera de plazo. Y qué mejor que un misil para desviar su trayectoria.

Los cálculos ya están hechos para que funcione con un margen de error de 2 cm en una distancia calculada en un millón de kilómetros de la Tierra. Pero como la ciencia debe ser previsora, no desperdiciará para su estudio la colisión del cometa Shoemaker-Levy con Júpiter, esperada para el 24 de julio de 1994. Los que se queden dormidos, deberán esperar unos 10 millones de años para su próxima oportunidad.

La NASA tendrá mucho para contarnos en los próximos años, ya que las misiones y programas en desarrollo tienen la potencialidad de expandir nuestro conocimiento en el origen y evolución de compuestos biogénicos. El único otro planeta de nuestro sistema en el que pudo haberse generado vida es Marte. Hoy aún no sabemos si la vida evolucionó alguna vez en Marte, y en ese caso si algún tipo de vida aún existe, aunque es posible que de existir sea muy distinta a la conocida por estos barrios. Uno de los objetivos del MESUR (Mars Environmental Survey) *pathfinder* es determinar la composición elemental de la superficie marciana en busca de elementos de interés exobiológico. La NEAR (Near Earth Asteroid Rendez-vouz) hará lo propio con un asteroide cercano a la Tierra.



Biología marina

INFIERNO SUBMARINO

Por Sandra Igelka

Según los últimos descubrimientos de la biología marina, el origen de la vida se parecería más a un ardiente infierno submarino que al jardín del Edén. En el fondo del océano hay volcanes, geisers y fuentes de sulfuro hirviendo. Estos que parecen ser los más inhóspitos lugares del planeta –tres kilómetros de agua marina impiden el paso de la luz, la presión aplastaría inmediatamente a un ser humano, del corrosivo ácido sulfúrico emanan surtidores de hasta cuatrocientos grados centígrados– están rebosantes de vida. Hay colonias enteras de gusanos y gigantescos moluscos y cangrejos que encuentran abundante alimento: allí la biomasa es mil veces mayor que en cualquier otra parte del océano.

El microbiólogo Karl Stetter, de la Universidad de Regensburg, está convencido de que estos oasis de vida que descubriera hace dieciséis años en las profundidades del Pacífico, cuando se internara con el submarino Alvin, pueden ser reliquias de las bacterias que surgieron hace millones de años y dieron origen a la vida en el planeta. Desde entonces, cada año los submarinos del instituto geográfico estadounidense de Woods Hole organizan una expedición a estas incubadoras de vida. Para sumergirse, un técnico y dos investigadores se comprimen en una bola de dos metros de diámetro. Stetter ya tiene en su laboratorio un muestrario de unas cuarenta especies, en verdaderas calderas regadas de gases sulfúricos donde viven las bacterias primitivas obtenidas en las profundidades. "Estos microorganismos pertenecen a un tronco independiente de la vida, un reino orgánico que muy pronto se desarrolló segregado y desde entonces sigue separado de las demás bacterias", explica. De ellas dependen todos los demás habitantes del fondo del mar, porque son las únicas que pueden aprovechar la energía hidrotérmica del humo negro. Y de esta capacidad para aprovechar el veneno se sirven los gusanos, que con sus branquias filtran el ácido sulfídrico del surtidor hirviendo y lo transportan vía sanguínea a su abdomen, que se transforma en un enorme depósito de bacterias de sulfuro. A su vez, los cangrejos y otras formas de vida marina del humo negro se alimentan de gusanos y moluscos. Las bacterias, en cambio, dependen de la sustanciosa lluvia nutritiva procedente de seres marinos muertos en las capas superiores del agua. Los gusanos y cangrejos de las profundidades, en tanto, se alimentan de la energía que emana de las fuentes interiores de la Tierra.

Este primitivo ecosistema podría haber sobrevivido independientemente, mientras en la superficie se sucedían catástrofes como lluvias meteóricas o períodos glaciares o la invasión de la tierra por los mares. Así, por comparación genética de los organismos, se puede hacer un seguimiento del árbol genealógico de la vida hasta los remotos tiempos de la Era Precámbrica. "Cuanto más primitiva es una bacteria, tanto más caliente es su ámbito natural", dice Stetter. De este modo, las raíces de la vida parecen hundidas en las fumarolas oceánicas y éste sería uno de los descubrimientos más espectaculares del siglo.

¿POR QUE EL PUENTE COLONIA-BUENOS AIRES?

UNA CIRUGIA PELIGROSA

*Por Horacio J. Pando**

Comienza a preocupar en forma creciente a los medios de comunicación y a la opinión pública el tema del puente Colonia-Buenos Aires. Ya era hora.

Todavía estamos a tiempo de reflexionar cautelosamente, porque una vez comenzadas las construcciones no habrá nada más qué hacer, será demasiado tarde. Se trata de la obra más importante a realizar en el Río de la Plata en toda su historia. Esto no sólo por el volumen a levantar sino por las consecuencias de todo orden que supone una realización de esta naturaleza aporte.

Es muy conocida la interpretación de Buenos Aires como embudo en el cual desemboca un enorme cono territorial que cubre casi todo el país, y si queremos precisamente sobre ese punto tan vulnerable edificar un puente vial tan rico y complejo como éste, lo menos que podemos hacer es prever una profunda alteración de la vida social, económica y hasta política del entorno considerado. Si bien no ha figurado hasta hoy en el catálogo de las grandes obras nacionales por su volumen y su costo, como El Chocón y Yacyretá, lo va a ser de ahora en adelante sin la menor duda. Tampoco se lo registra en ninguna plataforma de los partidos políticos; aparece sorpresivamente en los titulares de los diarios y se mantiene en un ambiente de penumbra.

La primera pregunta que inquieta es saber cómo se ha llegado a esta decisión audaz de hacer un puente de 50 km que cruce el río. Se dice en forma terminante que hay una decisión política tomada; como si decir eso solo bastara para calificarla como tal. Evidentemente, éste es un paso fundamental, imprescindible, aunque los precedentes que la originen casi no existen. No hubo un pedido popular o de grupos de intereses, ni una necesidad clara que la avalen. Después de este paso vendrán, lógicamente, los estudios técnicos para darle la mejor solución a esta decisión política, pero los técnicos sólo afinarán las alternativas y los proyectos, no pasarán de ahí, no podrán ir al fondo del tema porque en realidad no les corresponde.

No dudo de que se estén haciendo, o ya se hayan hecho, estudios de prefactibilidad. Probablemente se realicen después otros mucho más profundos, pero lo que importa es saber ciertas razones previas y primarias: ¿por qué hay que hacer el puente? ¿a quiénes interesa? ¿qué puede pasar cuando esté en pleno funcionamiento? Lo que realmente apremia es conocer los fundamentos de la decisión, porque el hecho de ser política no significa que sea arbitraria o caprichosa, ni que se deba elaborar en el sigilo, sino dentro del sistema democrático. Es decir con un razonamiento profundo sobre las causas del emprendimiento, una discusión abierta y un consenso lo más amplio posible dentro de lo que se pueda, porque, insisto, es una obra de consecuencias inimaginables y que no se puede borrar con el codo después de hecha si las cosas no salen bien. Toda precipitación sólo arroja combustible al incendio de la sospecha y la suspicacia es creadora de telenovelas. Seguiremos con este tema, volvamos a los aspectos técnicos.

El puente tendrá un impacto formidable que reacondicionará toda la región de una u otra manera, porque es un sistema interrelacionado. Desde el sur de Brasil: la carretera a San Pablo y los puertos del Atlántico, Uruguay entero, la Mesopotamia, La Pampa y llegará hasta los puntos más alejados del norte argentino y Chile. Es una región que conforma una extensa red física y socioeconómica a la cual se le practicará *una cirugía peligrosa*, en un centro que alterará, con toda seguridad, el resto del sistema.

Ese punto neurálgico es precisamente Buenos Aires, la que más sufrirá las consecuencias. Algunas de ellas, en el Río de la Plata, pueden predecirse porque *se barrerá con muchas cosas; entre otras, el costoso puerto que queda en Buenos Aires, la actual ciudad de Colonia, convertiráa Montevideo en un caos y el impacto de tráfico en Buenos Aires será dificultoso*, cualquiera sea, de las cuatro viables, la traza del puente que se elija. Quizás el *retiro del Aeroparque* obedezca a la posibilidad de hacer la *cabecera del puente* en ese lugar, pero tanto ésta como el emplazamiento en la General Paz, que son los recorridos más cortos a la ciudad, son los menos aptos por el enganche de tráfico que se produce y también por la altura que debe tener la calzada para pasar el canal costero de navegación, tan cercano a la costa, sin entorpecer el tráfico marítimo.

Ciertos hechos ecológicos también deben considerarse con detenimiento. El efecto catalizador que cada pilar de los 2400 o más que tendrá la calzada, lo irá rodeando de un banco de sedimentos, típicos de nuestro río (poco profundo y cenagoso), que se irá agrandando y conformando una barra artificial a todo lo largo del mismo. Esto demandará una limpieza y dragado permanentes para evitar males mayores.

Lo que interesa son las razones últimas, el porqué del puente. Entre las brumas que rodean al proyecto hay una sorpresiva, que no estaba planteada en un principio y ahora pareciera tener prioridad uno. La finalidad era tener una fácil comunicación con el puerto de aguas profundas de Montevideo, luego apareció la carretera a San Pablo, una autopista de 2500 km, de la cual el puente pasaba a ser algo así como una última etapa. Del puerto de Montevideo no se habló más.

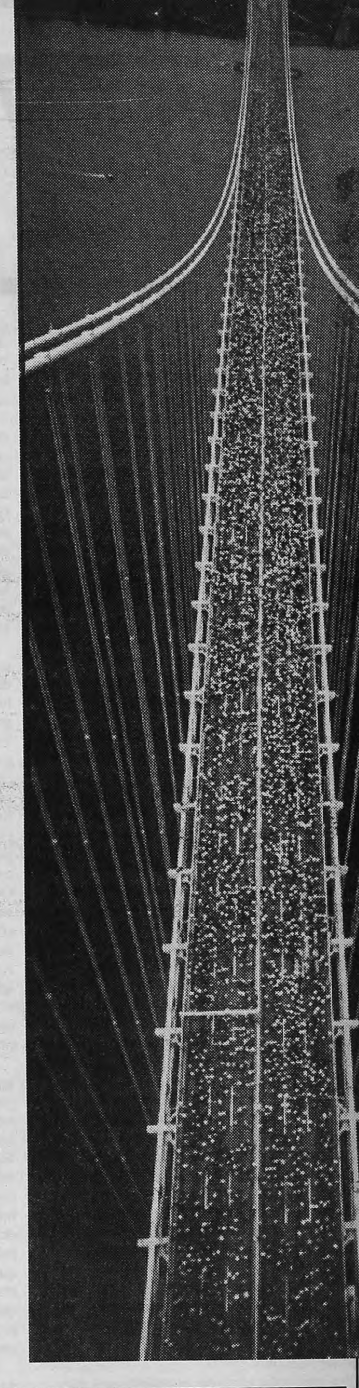
Se supone que los 1000 millones de pesos o de dólares que costará se financiarán con algunas de estas instituciones internacionales que hacen este tipo de negocios y que se recuperará con el peaje, a 5000 automotores diarios. Pero, ¿a quién beneficia en última instancia? A Chile y Brasil, evidentemente, les mejora los fletes de todo el comercio que hacen a través de nuestro país, además las repercusiones negativas del proyecto no les alcanzan a su territorio. ¿A Uruguay? Sí, pero cuidado, también les "moverá el tablero" en todo el territorio. ¿A nosotros? Servirá para trasladar nuestro puerto a la costa del Atlántico brasileño, Santos, Porto Alegre. ¿Y qué pasará con nuestra Mesopotamia, una de las tres regiones nacionales que tiene que integrar Buenos Aires? La quinta traza del puente, por la cual empujan los litoraleños, no tiene antecedentes de ningún tipo para poder estudiar (geológicos, trazas, hidrología, clima, etc.) ni se la toma en serio. Dejará al margen esta región de su ámbito natural, que es la cuenca del Plata.

Al expresar la opinión de que no debe hacerse el puente, de que debe discutirse mucho con quienes piensan que sí hay que hacerlo, antes de decidir los estudios que ya enganchan la obra, pareciera repetir el aqrgumento de los que quieren que no se haga nunca nada. No es así. Creo que hay muchas cosas urgentes, prioritarias incluso, antes del puente Colonia-Buenos Aires.

Por ejemplo, ¿la misma región de Buenos Aires no es una urbanización en crisis acelerada y que puede llegar a un alarmante colapso urbano? El tráfico saturado, el transporte en quiebra, la energía tema desbordante, la inseguridad dramática, la contaminación, la basura, el ruido. Son muchos problemas en estado crítico que requieren inversiones poderosas y por supuesto planeamiento previo para hacerlas sensatamente.

Para terminar, lamentablemente veo en la gestión del puente una renovada manifestación del histórico centralismo porteño. Ahora bajo la forma nueva de la prepotencia de la megalópolis, pero que en este caso puede herirse a sí misma como el escorpión cercado por el fuego.

** Arquitecto. Secretaría de Extensión Universitaria FADU/UBA.*



GRAGEAS DE PAPEL

NUEVOS AMORES, NUEVAS FAMILIAS (Autores varios, Colección A Mejor Vida, Editorial Tusquets). Este texto compilado por Vicente Verdú reúne las reflexiones de sociólogos, escritores, periodistas y estudiosos varios sobre la vida amorosa en el mutante y multiforme mundo actual. Los conceptos de amor, sexo, familia, pareja, fidelidad han sido el eje de múltiples debates en las últimas décadas. Este nuevo libro de la colección dirigida por Fernando Savater intenta dar cuenta, desde diversas perspectivas, de estas transformaciones en nuestros amores y la forma en que los pensamos.

LA EVOLUCION DEL CAOS. ORDEN DENTRO DEL DESORDEN EN LAS CIENCIAS CONTEMPORANEAS (N. Katherine Hayles, Colección Límites de la Ciencia, Editorial Gedisa). Katherine Hayles explora en este libro los paralelismos entre la literatura crítica contemporánea y la ciencia del caos. En un análisis riguroso y profundo la autora intenta demostrar que la teoría literaria y la literatura incluyen conceptualizaciones del caos como un orden complejo anteriores a su desarrollo en las ciencias y que esto se debe a la existencia de una matriz cultural común a todas las producciones de esta época. Hayles es licenciada en Filosofía y doctorada en Inglés por la Universidad de Rochester y doctora en Química del California Institute of Technology. Esta formación heterodoxa le permite examinar las obras de Doris Lessing y de Stanislaw Lem a la par que revisa los trabajos fundamentales de Prigogine, Falgenbaum o Mandelbrot, en su búsqueda de los conceptos fundamentales de la Teoría del Caos: orden-desorden, complejidad, no linealidad.Por su originalidad y profundidad constituye un texto fundamental tanto para los interesados en la ciencia del caos como para todos aquellos que se ocupan de las relaciones entre la ciencia y la cultura.

RUDOLF CARNAP. AUTOBIOGRAFIA INTELECTUAL (Colección Pensamiento Contemporáneo, Editorial Paidós). Una obra imprescindible para los interesados en la filosofía de la ciencia. La figura de Carnap es ejemplo de honestidad intelectual y rigurosidad, sus trabajos y polémicas están en el corazón de la epistemología de nuestro siglo. A través de su autobiografía podemos recorrer buena parte de los más estimulantes debates sobre la ciencia que se han producido desde la fundación del Círculo de Viena en los años veinte hasta los años sesenta.

CLINICA DEL CAMBIO (Autores varios, Nadir Editores). Esta es una reedición esperada de un texto nuclear para los terapeutas sistémicos, pero que ha concitado el interés de muchos otros profesionales interesados en pensar el cambio y que quieren nutrirse de modelos que desde diversas disciplinas como la cibernética o la termodinámica no lineal sugieren nuevas metáforas que nos ayuden a pensar las transformaciones de los sistemas abiertos y conocer algunas de sus aplicaciones a la clínica.

LAS EDADES DE GAIA. UNA BIOGRAFIA DE NUESTRO PLANETA VIVO (Colección Metatemas, Editorial Tusquets). En 1979 Lovelock conmovió al mundo científico con la publicación de *Gaia: una nueva visión de la Tierra*, donde propone considerar a la Tierra como un todo viviente, un gran organismo. En este nuevo texto este eminente médico, investigador y ex colaborador de la NASA pone a punto su teoría y adelanta nuevas hipótesis provocadoras destacándose especialmente su utilización del concepto de coevolución.

ASI FUNCIONABA EL SOL, Horacio Tignanelli. **LOS CAZADORES DE LA UNIFICACION PERDIDA**, H. Ranea Sandoval. **LA VIDA Y EL UNIVERSO**, David Aljanati. **LASER**, Gabriel M. Bilmes (Colección Ciencias, Editorial Colihuee). Una excelente colección de divulgación para jóvenes y curiosos de todas las edades. Libros amenos, interesantes y rigurosos. Los cuatro libros son ideales para que profesores y maestros sin telas de araña recomienden a sus alumnos o éstos lean de incógnito para evitar ser comidos por los dinosaurios del aburrimiento.

Por Denise Najmanovich